

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Vítězslav Roman

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra měřící a řídicí techniky

**Měřicí systém pro testování správnosti zapojení
konektorů kabelových svazků pro Airbus A320**

Diagnostics system for Airbus A320 cable and connector assembly
testing

Vložené zadání

Prohlášení:

Podepsaný Vítězslav Roman tímto čestně prohlašuje, že svou Bakalářskou práci vypracoval samostatně na základně odborných konzultací, s využitím uvedené literatury a poznatků získaných v průběhu bakalářského studia.

Datum odevzdání bakalářské práce 7.5.2010

.....
Podpis

Poděkování:

Zde bych chtěl poděkovat všem těm kteří jakkoli pomohli s touto bakalářskou prací, především mému kolegovi Petru Královi za velmi cenné rady a mému vedoucímu této práce Ing. Davidovi Valovi za odborné rady hlavně v začátcích práce.

Abstrakt:

Hlavním cílem této bakalářské práce je navrhnout a vytvořit funkční zařízení pro testování správnosti zapojení některých konektorů na daných kabelových svazcích. Tímto způsobem usnadnit kontrolu zapojených konektorů a zhodnotit uplatnění tohoto testeru. Toto zařízení bude kontrolovat správnost zapojení, zkrat i rozpojení. Výsledek bude zobrazen na příslušný zobrazovač.

Dalším cílem je stručně popsat specifikaci výroby a kontroly těchto kabelových svazků

Abstract:

The main goal of this bachelor work is to design and create a device for testing the correct connection of some of the connectors on the wiring harness. In this way, it should make easier the control of involved connectors and asses the use of this tester. This tester will check the correctness of connection, short circuit and disconnection. The result will be shown on the display.

The next goal is to briefly describe the specification of the production and the inspection of wiring harnesses.

Klíčová slova:

microkontrolér PIC, multiplexer, LCD, kabelový svazek, konektor, krimpování, testování

Key words:

microcontroler PIC, multiplexer, liquid crystal display, aircraft loom, connector, crimping, testing

Seznam použitých symbolů a zkratek:

USB	- Universal Serial Bus - univerzální sériová sběrnice
ŘVJ	- řadová výměnná jednotka
PVC	- Polyvinylchlorid
RZ	- return to zero
Null	- nulová úroveň
DMC	- Daniels Manufacturing Corporation
I/O	- vstupně/výstupní
CMOS	- Complementary Metal Oxide Semiconductor - obvod složen z unipolárních transistorů
TTL	- Transistor transistor logic - transistorové logické obvody
FLASH	- elektricky programovatelná paměť typu RAM
EEPROM	- Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory - elektricky mazatelná semipermanentní (nevolatilní) paměť typu ROM-RAM
ALU	- arithmetic logic unit
RA4	- vývod 4-tého bitu na portu A
A/D	- analogově digitální převodník
ESD	- Electrostatic Discharge - ochrana proti staticce
LCD	- liquid crystal display - displej z tekutých krystalů
LED	- light emitting diode - světelný zdroj vyzařující monochromatické záření
DPS	- desky plošných spojů
MCU	- jednočipový počítač
CPU	- Central Processing Unit - centrální procesorová jednotka
PWM	- pulzní šířková modulace
kon.	- kontakt
log.	- logická (jednička)

Obsah:

1. Úvod.....	- 1 -
1.1 Seznámení s problematikou při výrobě a testování zapojení kabelových svazků	- 1 -
2. Výroba kabelových svazků v leteckém průmyslu	- 2 -
2.1 Obecný přehled.....	- 2 -
2.2 Sběrnice ARINC 429	- 3 -
2.3 Kabelové svazky D954 A4021/22	- 4 -
2.3.1 Stahování izolace.....	- 5 -
2.3.2 Zalisování koncovek.....	- 6 -
2.3.3 Letování	- 8 -
2.4 Obecně o teorii krimpování.....	- 8 -
3. Návrh testeru pro kontrolu správnosti zapojení konektorů ..	- 12 -
3.1 Účel sestavení testeru	- 12 -
3.2 Požadavky na zařízení	- 12 -
3.3 Stručný popis funkce	- 12 -
3.4 Problém s postupným testováním jednotlivých vodičů	- 13 -
3.5 Volba vhodných součástek.....	- 13 -
3.5.1 Mikrokontrolér PIC16F877 základní parametry.....	- 13 -
3.5.2 Analogový multiplexer MAXIM DG406DJ	- 17 -
3.5.3 LCD display	- 18 -
3.5.4 Zásuvky pro připojení testovaných konektorů.....	- 22 -
3.5.5 Ostatní nezbytné součástky	- 23 -
4. Návrh softwaru pro testování.....	- 25 -
4.1 Vývojové prostředí pro testovací program	- 25 -
4.2 Struktura programu pro testování.....	- 26 -
4.3 Simulace vytvořeného testovacího programu	- 27 -
4.4 Programovací zařízení pro PIC	- 30 -
5. Realizace zařízení.....	- 31 -
5.1 Realizace zkušebního zapojení.....	- 31 -
5.2 Realizace testeru.....	- 31 -
5.2.1 Návrh a zhotovení DPS.....	- 31 -
5.2.2 Konstrukce a sestavení celého zařízení	- 32 -
5.2.3 Odzkoušení testeru	- 32 -

6. Zhodnocení	- 33 -
7. Závěr	- 34 -
Literatura	- 35 -
Seznam příloh	- 37 -

Seznam použitých obrázků a tabulek:

Obr. 1 – Univerzální tester Link's Eye [21]	- 1 -
Obr. 2 – princip odrušení	- 3 -
Obr. 3 - blokové schéma jednosměrné sběrnice	- 3 -
Obr. 4 – průběh signálu na vodičích [1]	- 4 -
Obr. 5 – zobrazení 3 stavů na sběrnici	- 4 -
Obr. 7 – DT400 ARINC 429 databus analyzer [22].....	- 5 -
Obr. 10 – měření úbytku napětí	- 8 -
Obr. 11 – letovací bužírka	- 8 -
Obr. 12 – charakteristiky mechanické pevnosti a elektrických vlastností [3].....	- 10 -
Obr. 13 – výpočet použité síly pro krimpování	- 11 -
Obr. 16 – mikrokontrolér PIC16F877	- 15 -
Obr. 17 – jednotlivé části mikrokontroléru PIC16F877 [14]	- 15 -
Obr. 18 - popis jednotlivých vývodů [15].....	- 16 -
Obr. 19 - blokové schéma PIC16F877 [15].....	- 16 -
Obr. 20 – analogový multiplexer MAXIM DG406DJ	- 17 -
Obr. 21 – popis vývodů [16].....	- 17 -
Obr. 22 – funkční schéma [16].....	- 18 -
Obr. 23 – blokové schéma znakového LCD [18]	- 19 -
Obr. 24 – znaková sada uložená v CGRAM displeje [18]	- 19 -
Obr. 25 – schéma zapojení znakového LCD displeje	- 20 -
Obr. 26 – ukázka 4-bitového přenosu [18].....	- 20 -
Obr. 27 – LCD displej BC1601D [19]	- 21 -
Obr. 28 – konektor typu FAST [20].....	- 22 -
Obr. 29 – zapojení testovaných konektorů ve svazcích.....	- 23 -
Obr. 30 – svorkovnice do DPS RIA 59/02 4x	- 23 -
Obr. 31 – spínaný stabilizovaný zdroj SUNNY 1381-1005-W2E	- 24 -
Obr. 32 – krystal 2MHz	- 24 -
Obr. 33 – nekonečná smyčka	- 27 -
Obr. 34 – ukázka 4-bitové komunikace s LCD	- 28 -
Obr. 35 – zkušební zapojení pro 2 multiplexery.....	- 29 -
Obr. 36 – zapojení konektoru IDC10 [14]	- 30 -
Obr. 37 – programátor PICFlash2 [14]	- 30 -
Obr. 38 – zkušební zapojení pomocí kontaktního pole	- 31 -
Obr. 39 – zkoušení testeru na svazku A4021	- 32 -
Obr. 40 – výčet chyb za období 1-4-2008 až 30-4-2008	- 33 -
Obr. 41 – výčet chyb za období 1-12-2008 až 31-12-2008	- 33 -
Tab. 1 – popis vývodů	- 17 -
Tab. 2 – význam jednotlivých vývodů.....	- 21 -

1. Úvod

1.1 Seznámení s problematikou při výrobě a testování zapojení kabelových svazků

Výroba kabelových svazků obecně ať už v leteckém, automobilním nebo jiném průmyslu se skládá zpravidla vždy z některých operací kde strojová výroba by byla poněkud komplikovaná a doposud se provádí manuálně. Jedná se především o zapojování ukončených vodičů do konektorů. Jde o rutinní ruční operaci, kdy pracovník podle dokumentace zapojení vkládá vodiče na příslušné pozice v konektoru. Správnost zapojení se vyhodnotí až na testeru, který většinou kontroluje nejen správnost zapojení ale i parametry vodičů (např. impedanci vedení, kapacity mezi jednotlivými vodiči nebo úbytky napětí na ukončovacích prvcích). Mezi profesionální jednoduché testery pro metalické vodiče patří například zařízení (Link Master, LAN Scraper, VDV Multimedia Cable Tester). Slouží pro kontrolu ETHERNET kabelových rozvodů nebo USB kabelů. Detekují přehození párových dvojic kabelů, zkratky, přerušení nebo měření délky spojů. Pomocí vestavěného tónového generátoru lokalizují vodiče v neoznačené kabeláži. Jsou určeny přímo pro dané typy kabelových rozvodů. Universální testery zapojení pracují na principu kdy zapojení správně zapojeného konektoru se uloží do paměti jako maticové pole a porovnává se s kontrolovanými konektory jako zařízení Link's Eye (Obr.1).

Pro kontrolu zapojení rozsáhlých kabelových svazků potřebujeme mnoho přípojných bodů. Takové testery kontrolují zapojení podle předem sestaveného programu pro konkrétní svazek. Jde o profesionální testery vyráběné přímo na zakázku pro dané typy svazků. Jejich cena se pohybuje řádově ve stovkách tisíc korun. V malosériových výrobách se pořízení takového testeru finančně nevyplatí a není možnost správnost zapojení zkontrolovat.

Při kontrole dvou konektorů, kde jednotlivé vodiče v konektoru jsou zapojeny na stejné pozice lze kontrolu provést i běžným proměřením. Avšak problém nastává kdy daný konektor obsahuje větší počet vodičů a zapojení na jednom i druhém konci není totožné. Zde by opětovné vyhledávání zapojení a ruční proměřování bylo velmi neefektivní a pro výrobu časově náročné. Zde nachází uplatnění tester zapojení. Pro kontrolu lze sestavit i cenově dostupné zařízení, které zkontroluje pouze správnost zapojení vodičů nebo i zkratky a rozpojení. Takové zařízení může pomoci překontrolovat správné zapojení i přímo ve výrobě. Podmínkou pro kontrolu je zapojení všech testovaných vodičů do konektorů. Svazek nesmí obsahovat nezapojené vodiče, které bychom museli složitě připojovat k testování. Test musí být rychlý a jednoduchý aby časově výrobu nezatěžoval.



Obr. 1 – Univerzální tester Link's Eye [21]

2. Výroba kabelových svazků v leteckém průmyslu

2.1 Obecný přehled

V leteckém průmyslu je nezbytnou součástí výroba kabelových svazků. Nejčastěji jde o datové sběrnice různých typů, které se používají v moderních dopravních letadlech typu AIRBUS nebo BOEING. Tyto datové sběrnice slouží pro komunikaci mezi jednotlivými vysílacími a přijímacími jednotkami. Pracují pomocí stanovených protokolů. Mezi nejpoužívanější se řadí sběrnice ARINC 429 pro letadla typu Airbus A 310, A320, Boeing 737, 747, 757, 767 a letadlo typu MD-11, L-39, L-59. Další typy sběrnic jsou například novější obousměrná ARINC 629 používaná u letadel A330, A340 nebo sběrnice CSDB, ASDB, MIL STD 1553.

[1]

Sběrnice může obsahovat jak datové kabely, které jsou realizovány pomocí dvou kroucených vodičů (popřípadě stíněných), tak adresové, napájecí a rezervní. Svazky jsou většinou vyráběny po částech z důvodů usnadnění a urychlení výroby a nakonec se kompletují dohromady, testují se jejich elektrické vlastnosti jako je impedance, kapacita, měrný odpor, úbytky napětí na spojích nebo datový přenos a správnost zapojení pomocí vhodných testerů zapojení. Velké společnosti jako Airbus nebo Boeing si nechávají vyrábět tyto svazky po celé Evropě. V těchto malosériových výrobach jsou ale kladeny stejné požadavky na kvalitu, která závisí na kontrole jednotlivých operací během výroby, kvalitně proškolených pracovnících, jejich odpovědnosti za provedenou práci a možnost sledování kvality náradí a výrobních procesů stejně jako u koncových společností.

Všechny kabelové svazky pro letecký průmysl musí splňovat přísná kritéria a požadavky na jejich vlastnosti. Jednou z nich je nehořlavost. Všechny komponenty z kterých je svazek složen musí být nehořlavé a při vzniku požáru nesmí produkovat jedovaté plyny zejména chlorovodík. Proto jejich izolace není z běžných materiálů jako je PVC, které se používá pro kabely běžné instalace. Použitý materiál na metalických vodičích je většinou hliník z důvodů nízké hmotnosti. Pouze datové sběrnice jsou vyráběny z poniklované nebo postříbřené slitiny mědi. Alternativa a cíl do budoucna je nahradit metalické vodiče optickými.

Výhody:

- nižší hmotnost
- u sběrnic vyšší přenosová rychlost
- nedochází k rušení vlivem elektromagnetické indukce

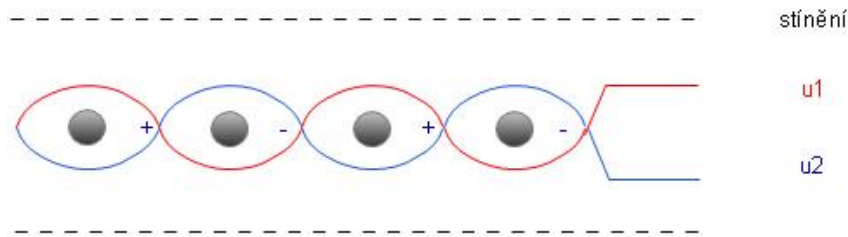
Nevýhody:

- větší nároky při spojování
- u každé jednotky nutnost převodu elektrické veličiny na optický signál a naopak
- vyšší cena

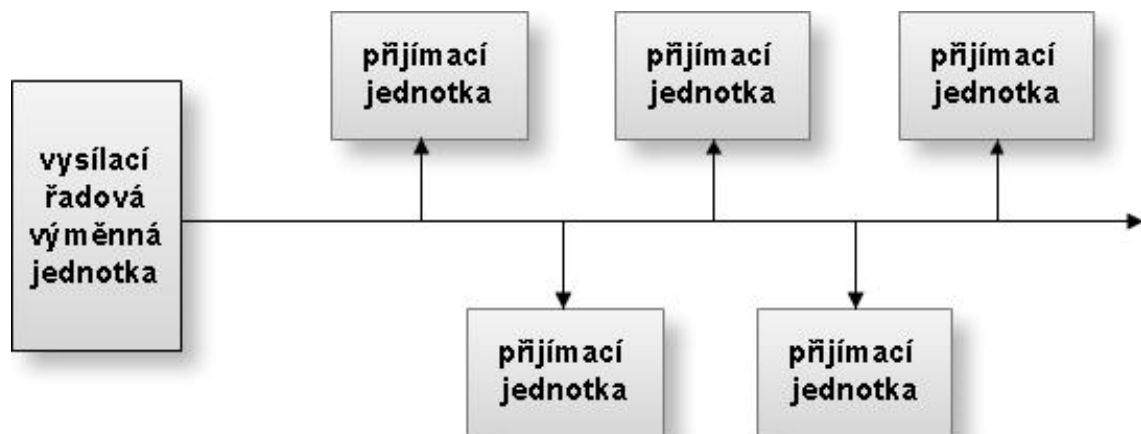
2.2 Sběrnice ARINC 429

Byla schválena do provozu v r.1987. Jedná se o jednosměrnou sběrnici, kde přenos dat probíhá asynchronně pomocí dvou stíněných kroucených vodičů. Střídavé magnetické pole vyvolává vznik indukovaných napětí v každé smyčce. Symetrické zkroucení vodičů zamezí vnuk rušivých signálů. Jednotlivá napětí mají navzájem opačná znaménka a vzájemně se ruší. Stínění slouží jako odrušení proti vnějším vlivům. Musí být u každé jednotky uzemněno.

[2]



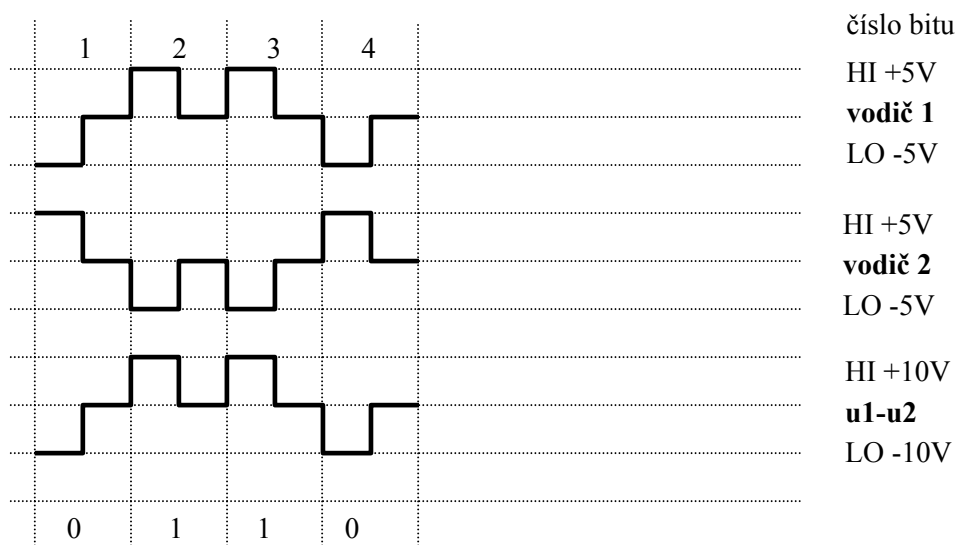
Obr. 2 – princip odrušení



Obr. 3 - blokové schéma jednosměrné sběrnice

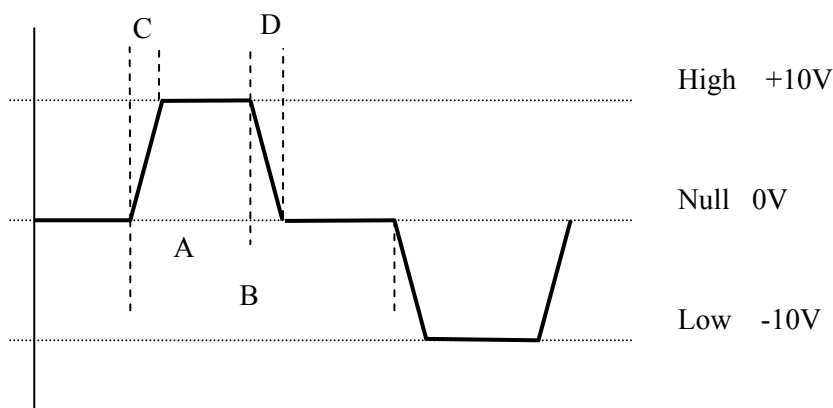
Parametry sběrnice:

Výstupní impedance	78Ω
Vstupní impedance	> 12kΩ
Délka není specifikována	používá se do 30m
Napětí na obou vodičích U1 a U2	+5V -5V
Rychlost přenosu	vysoká 100kbit/s nízká 12-14.5kbit/s
počet připojení	do 20 přijímačů



Obr. 4 – průběh signálu na vodičích [1]

Výsledný signál se získává pomocí bipolární RZ modulace, odečtením jednoho signálu od druhého U1-U2. Sběrnice je 3-stavová. Úroveň High +10V, Null 0V, Low -10V.



Obr. 5 – zobrazení 3 stavů na sběrnici

[1], [2]

2.3 Kabelové svazky D954 A4021/22

Jedná se o datovou sběrnici ARINC 429 pro letadla typu Airbus řady A320. Obsahují 3 konektory Arinc, které slouží jako výstup z vysílací jednotky a několik konektorů pro jednotlivé přijímací jednotky. Skládají se z datových vodičů průřezu 0,25 a 0,40 mm² (dvojice kroucených vodičů). Všechny vodiče jsou metalického typu. Kroucená dvoulinka je vyrobena z poniklované slitiny mědi s izolací z fluoropolymeru pokrytého teflonovou vrstvou, která je disperzně

nanášena a slouží i pro popis vodiče. Stínění je vyrobeno z postříbřených slitin mědi. Tento celek je izolován izolací z fluoropolymeru pokrytý teflonovou páskou. Ostatní vodiče jsou stejné konstrukce (vodič ze slitin poniklované mědi a izolace fluoropolymer s teflonem, který je odolný proti vysoké teplotě, nehořlavý, neprodukuje jedovaté plyny).

[9]



Obr. 6 – ukázka konektorů používaných na leteckých svazcích

Pro sériovou výrobu jsou vodiče nejdříve nastříhány na požadovanou délku a popsány laserem po celé své délce v určitých vzdálenostech. Každý se tak stává nezaměnitelným.

Testování těchto svazků probíhá až v koncové firmě jenž je dodavatelem pro AIRBUS. Kontrola probíhá na testerech, které kontrolují správnost zapojení a elektrické parametry kabelů. Datový přenos této sběrnice ARINC 429 je kontrolován jak za provozu palubními systémy tak i při jednotlivých revizích. K tomuto účelu slouží například testovací zařízení DT400.



Obr. 7 – DT400 ARINC 429 databus analyzer [22]

Výroba svazku probíhá následujícími (ručními) operacemi:

- ***Stahování izolace (odizolování)***
- ***Zalisování koncovek***
- ***Letování***

2.3.1 Stahování izolace

Správné stáhnutí izolace je jedno z prvních operací na kterém závisí kvalita ostatních dvou. Je provedeno podle normy AECMA EN 2812 a ADET 0122. Pro tuto operaci je stanoveno přesný typ nářadí které musí být použito (kleště STRIPMASTERS s noži 45-2020). Každý vodič musí být odizolován pouze nářadím pro daný průměr. Při použití menšího průměru

by bylo jádro vodiče narušeno. Jednotlivé žíly by se mohly poškodit nebo by nebyly správně zkrouceny jak je dáno výrobcem kabelu. Toto nesprávné zkroucení by nebylo vhodné pro další operaci (zalisování). Narovnání jednotlivých žil způsobí zmenšení průřezu vodiče a dochází k nesprávnému zalisování. Naopak zkroucení jednotlivých žil pod větším úhlem než je dáno výrobcem způsobí zvětšení průřezu a dochází opět k nesprávnému zalisování. Geometrie vodiče v zalisovaném spoji je velice důležitá pro kvalitu krimpovaných spojů. Nářadí pro stahování izolace se musí každé 3 měsíce podrobit testování, kdy se provedou vzorky odizolovaných vodičů od každého průměru jeden. Kontrola probíhá mikroskopem pod 20ti násobným zvětšením podle normy ADET 0122. Kontroluje se zde jestli nejsou žíly porušeny od stahovacích nožů nebo jestli je izolace správně a rovně odříznuta.

[12]

2.3.2 Zalisování koncovek

Zalisování = Krimpování

Pro výrobu kabelových svazků v leteckém průmyslu je tato metoda zcela zásadní. Cílem je zajistit elektrické spojení kabelu k prvku zařízení nebo k spojovacímu systému prostřednictvím koncovek.

Obecné požadavky:

- zalisování musí slisovat prameny kabelu tak aniž by to vedlo k poškození nebo praskání
- spojení nesmí zmenšit původní mechanické nebo elektrické vlastnosti kabelu
- spojení musí dovolovat montáž (kabel + koncovka + připojovaný prvek) tak, aby se vyhovělo požadavkům různým přiřazeným komponentům

Na těchto leteckých svazcích se kromě lisování měděných kabelových ok provádí z většiny případů „**Zalisování bez sevření izolace**“.

Vzdálenost mezi lisovací částí koncovky a kabelovou izolací musí být menší než 1mm pro případ kdy po zapojení do konektoru se nachází konec koncovky v hloubce $\geq 3\text{mm}$

Ve zvláštních případech kdy je konec koncovky zasunut v konektoru v hloubce $\leq 3\text{mm}$ je tato vzdálenost do 0.3mm



Obr. 8 – kleště STRIPMASTERS



Obr. 9 – kleště DMC

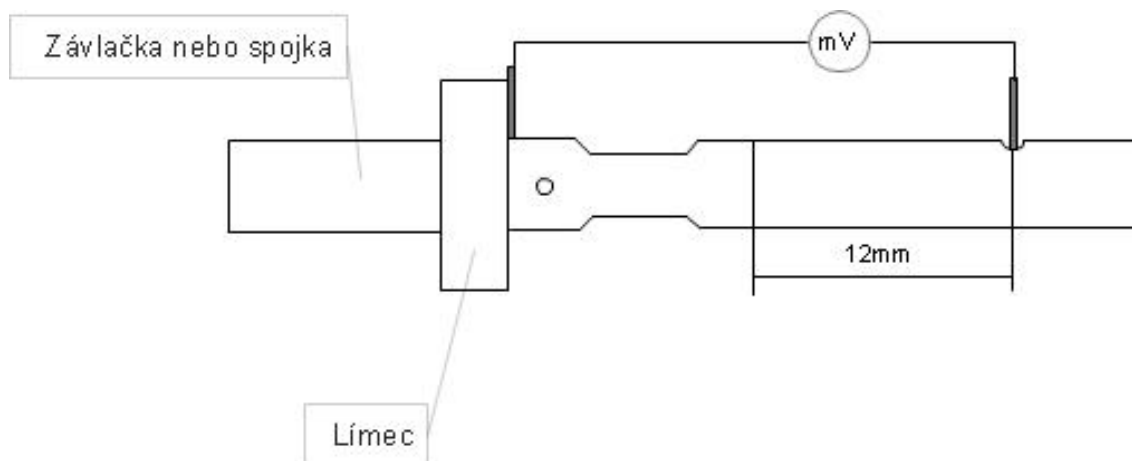
Pro zalisování na těchto svazcích je používáno ruční nářadí firmy Daniels Manufacturing Corporation DMC M25520/1-01, 2-01 a kleště AMP 49935. Krimpovací nářadí prochází jednou do měsíce kontrolou. Pro tuto kontrolu se vyrobí vzorky se zalisovanými koncovkami.

[13]

Prováděné kontroly zalisovaných koncovek:

- 1) **Kontrola tvrdosti oblasti spojení** - se provádí pod mikroskopem při 20 násobným zvětšení zda nedošlo ke vzniku trhlin a ke znehodnocení použitého nářadí.
- 2) **Kvalita povrchu** – pod mikroskopem se v oblasti spojení kontroluje oddělování nebo poškození povrchové úpravy
- 3) **Geometrická deformace koncovek** – nesmí vznikat geometrické deformace týkající se zapojení, kde by mohlo dojít k problémům se zapojením nebo použitím prvku, v případě vyjímání kontaktů nesmí deformace bránit používání nářadí pro instalaci nebo vyjmutí zapojených kontaktů
- 4) **Zkouška v tahu** – se provádí na zařízení UTS20T podle normy AECMA EN 2242 až na zvláštní případy použití pro AEROSPATIALE
- 5) **Měření úbytku napětí** – pro snímatelné kontakty a oka nesmí být úbytek napětí na zalisovaném spojení větší než dané hodnoty.

[11]



Obr. 10 – měření úbytku napětí

2.3.3 Letování

Pro svazek **D954 A4021/22** se používá letovací technika pouze pro stínění. Letování se provádí infračervenou pistolí za použití letovacích bužírek s pájecí vložkou a lepidlem. Po roztavení se spoj stává odolný proti vnějším vlivům (vodotěsný).



Obr. 11 – letovací bužírka

2.4 Obecně o teorii krimpování

Krimpování je z anglického slova „Crimpen“. Jde o trvalé přetváření materiálu (deformace ohybem). Tato technika slouží pro spojování vodiče ke koncovce, kdy koncovka s vloženým vodičem je deformována pod velkým tlakem. Jedná se o tavení za studena. Krimpování se dříve používalo hlavně pro výkonové kabely a vysokofrekvenční koaxiální. [3]

Jde o plastickou trvalou deformaci kdy mezi kontaktními plochami krimpovaného kontaktu a jedním nebo více vodičů (lanko) vznikne plynotěsný spoj. Tento spoj je vysoce elektricky kvalitní i odolný proti stárnutí. Plynotěsnost znamená těsnost na úrovni molekul a je nezbytná k zabránění oxidace kontaktu, která by jinak vznikla působením plynů z okolí. Této těsnosti se docílí díky vytváření oxidů na povrchu vodiče při lisování. [3]

Parametry krimpovaných spojů:

- Stupeň deformace krimpovaného kontaktu
- Stupeň komprimace - stlačení vodiče a kontaktu na daný průměr
- Koeficient komprese - udává na kolik procent byl původní vodič komprimován [3]

Optimálně se docílí největší mechanické pevnosti při koeficientu 90% (původní průměr stlačen o 10%). Při menším stlačení by vodič mohl vyklouznout z kontaktu, při větším by se zase mohly okrajové žíly vodiče přelomit nebo poškodit. [3]

Avšak největší elektrické vodivosti se docílí při kompresi na 70%, kdy dochází k rozrušení vrstvy oxidu mezi jednotlivými žilami vodiče a stěnami kontaktu. Proto optimální stupeň komprimace je vždy jakýmsi kompromisem mezi těmito dvěma hodnotami. Většinou se komprimace pohybuje mezi 80 – 90%. [3]

Krimpovací stroje a nástroje:

Mohou to být nejrůznější ruční nástroje, které se používají především v malosériové výrobě. Pro velké výroby se používají krimpovací lisy (ruční pohon, elektrický pohon, pneumatický pohon a elektropneumatický pohon). [3]

Krimpovací lis by měl mít tyto vlastnosti:

- Jednoduchá nastavitelnost
- Dobrý přístup pro zakládání a montáž
- Stabilní udržení nastavené výšky krimpu
- Nízká hlučnost
- Ochranné zařízení
- Vysoká odolnost proti opotřebení
- Spolehlivost
- Snadná obsluha

Ruční nástroje – pro všechny druhy krimpu jsou navrženy jako výměnné nástroje pro různé druhy zamačkávacích čelistí. Mezi používané nářadí pro letecký průmysl patří AMP a DMC. [3]

Správnost zalisování se kontroluje:

- Destruktivně
- Nedestruktivně

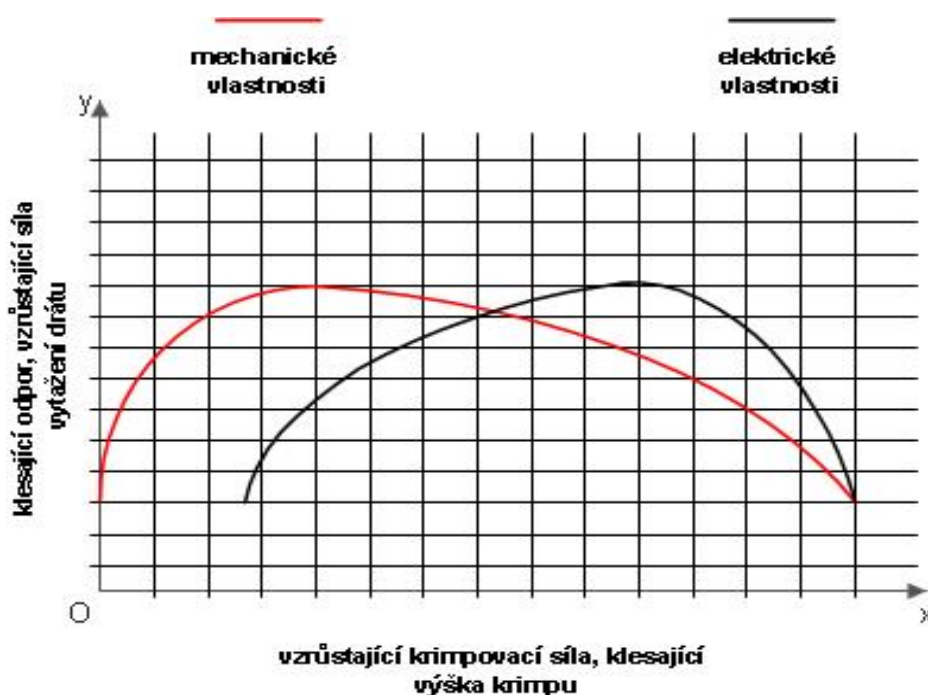
a) vizuální kontrola

Běžná kontrola spoje během výroby, zda splňuje všechny požadavky

b) měření výšky krimpů

Je jedna z nejběžnějších nedestruktivních primárních kontrol. Jakostí elektrického spoje je elektrická vodivost, jakostí mechanického spojení je síla potřebná k vytažení. Oba faktory jsou přímo závislé na výšce lemu. Tato výška se kontroluje posuvným měřidlem nebo třmenovým mikrometrem. Srdce krimpů se musí dotýkat pevné čelisti posuvného měřidla a středního bodu zadní strany pohyblivé čelisti. [3]

Naměřené křivky mechanických a elektrických vlastností nejsou stejné. Musí se proto zvolit kompromis mezi těmito dvěma faktory [3]



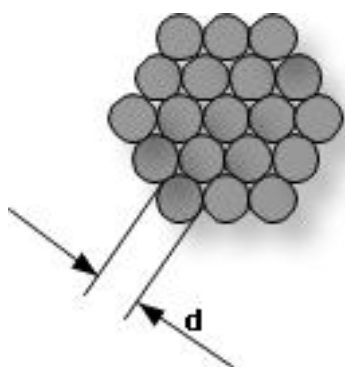
Obr. 12 – charakteristiky mechanické pevnosti a elektrických vlastností [3]

c) měření elektrických vlastností spoje

Probíhá měřením úbytku napětí na spoji. Tato zkouška je nedestruktivní. Pro každý spoj je přesně definovaný procházející proud a úbytek napětí pro určité vzdálenosti. Jedním z přístrojů pro toto testování je Link's Eye (Obr.1). [3]

d) měření síly odtrhu

Tato zkouška je destruktivní. Provádí se pouze na vzorcích. Měří se síla, při které by se měl krimpovaný spoj odtrhnout nebo síla při které ještě spoj vydrží (provádí se i nedestruktivní – v leteckém průmyslu však nepřijatelné). Vše je přehledně zaznamenáno do grafu. Jedním z přístrojů je např. digitální měřič AM 1050 [3]



$$F = \frac{d^2 \cdot 3,14}{4} \cdot n \quad n - \text{počet licen} \quad (1.1)$$

[3]

Obr. 13 – výpočet použité síly pro krimpování



Obr. 14 – tester zkoušky v tahu [21]

e) mikrofotografie



Obr. 15 - mikrofotografie

Tato zkouška lisovaných spojů se provádí jen na vzorcích, protože jde o zkoušku destruktivní. V zalisovaném místě se kontakt rozřízne, jeho příčná ploška se vybrousí, vyleští a pořídí se fotografie. Pozoruje se uspořádání jednotlivých žil. Všechny musí mít voštinový tvar, žádná z nich nesmí mít kulatý průřez. [3]

3. Návrh testeru pro kontrolu správnosti zapojení konektorů

3.1 Účel sestavení testeru

Cílem je navrhnout jednoduché zařízení, které by testovalo správnost zapojení, kontrolu zkratů a rozpojení jednotlivých kabelů v konektorech na kabelových svazcích D954 A4021/A4022. Kontrolovány budou pouze konektory FAST u kterých se často vyskytují chyby v zapojení způsobené chybou pracovníka (operátora). Tyto chyby při vlastní výrobě, kdy se vkládají vodiče na jednotlivé pozice v konektoru, podle tabulky zapojení nelze nijak eliminovat. Správnost v zapojení se vyhodnotí až na testeru zapojení. Pořízení takového zařízení pro malosériovou výrobu je finančně náročné, provádí se pouze vizuální kontrola kdy se porovnává jeden zapojený konektor s druhým. **Tato kontrola je časově náročná a vysoce nespolehlivá.**

3.2 Požadavky na zařízení

- Nízká hmotnost
- Jednoduchá intuitivní obsluha
- Jednoduchá instalace samotného přístroje i připojování testovacích konektorů
- Co nejvyšší pohodlnost při testování
- Nízká cena

3.3 Stručný popis funkce

K zařízení se připojí dva testované konektory svazku (začátek, konec), volbou příslušného tlačítka pro daný typ zapojeného konektoru se provede nejprve test rozpojení, zkratu a poté test správnosti zapojení. Tester by měl řídit některý z mikrokontrolérů, který bude postupně na jednotlivé vodiče konektoru (začátek) nastavovat logickou jedničku (5V) a porovnávat jestli se objevila i na konektoru (konec) přesně podle zapojení. V případě prohozených kabelů nebude 5V na očekávané pozici v konektoru (konec) a na vhodný zobrazovač LED segmentový display nebo LCD se vypíše číslo pozice pro oba konce, kde byla chyba nalezena. V případě kontroly zkratu se pro každý vodič provede test všech pinů v konektoru (konec) jestli se log. 1 nenachází více jak jedenkrát a v případě rozpojení méně jak jedenkrát. Vodiče některého testovaného konektoru končí ve dvou koncových konektorech. Proto po zkontrolování prvního z nich se zobrazí výzva pro připojení druhého.

3.4 Problém s postupným testováním jednotlivých vodičů

Testované vodiče je potřeba připojovat při testu postupně a to řízením kontroléru. Protože testované konektory obsahují kolem 50 vodičů, počet I/O pinů na kontroléru nestačí. Dříve se tato situace řešila pomocí reléové logiky. Vhodnou alternativou bude použití nějakého multiplexeru. Protože jejich použití bude potřeba na obou koncích svazku (začátek, konec) byly zvoleny analogové multiplexery, které lze použít obousměrně a v budoucnu je možné tester rozšířit i o možnost měření parametrů vedení.

3.5 Volba vhodných součástek

Jedním ze základních parametrů při výběru kontroléru je dostatečný počet pinů, který závisí na počtu použitých multiplexerů. Podle dostupných informací a literatury se nabízel jeden z kontrolérů firmy Microchip řady F (PIC16F877).

Počet použitých multiplexerů vyplývá z počtu testovaných vodičů. Testovaný konektor (začátek) obsahuje 50 pinů a konektor (konec) 78 pinů. Na svazku nejsou tyto konektory zcela plně obsazeny avšak zařízení by mělo být universální pro plně obsazené konektory. Běžně dostupné multiplexery, které mají i velký počet I/O jsou DG406 s 16 nebo s 32 vstupy/výstupy.

Pro zobrazování měl být použit zobrazovač ve formě čtyř segmentovek pro výpis číselné pozice chyby do 99 pro každý konec svazku. Pro toto zobrazování by muselo být použito 8 pinů kontroléru nebo použit multiplexní režim zobrazování. Lepší varianta se nabízí použít LCD display na který bude možno zobrazovat i nejnnutnější textové zprávy a informace pro obsluhu. Tento display může pracovat v 8-bitovém nebo 4-bitovém režimu. Z důvodů ušetření počtu pinů byl zvolen 4-bitový režim pomocí 6 vodičů.

Napájení je vhodné zrealizovat pomocí stabilizovaného adaptéru. Mezi jeho výhody patří zejména to že se síťové napětí nenachází uvnitř přístroje.

3.5.1 Mikrokontrolér PIC16F877 základní parametry

Univerzální jednočipový 8-bitový mikrokontrolér firmy Microchip, postaven na Harvardské architektuře, kdy je oddělena paměť programu od paměti dat. Všechny řadiče jsou vyrobeny CMOS technologií.

Obsahuje:

ALU – Aritmeticko logická jednotka - zpracovává instrukce

EEPROM – Electric Erasable Programable Read Only Memory, 100k – 1M zápisů

FLASH – počet zápisů 10k – 100k, zachování dat více jak 30let

STACK – registr obsahující návratovou adresu

GPR – uživatelská paměť

SFR – speciální registry pro řízení procesoru

- Sadu 35 přednastavených instrukcí
- Frekvence do 20MHz, jeden instrukční cyklus - 200ns
- Paměť programu FLASH (8kB x 14)
- Datová paměť RAM (368B x 8)
- Datová paměť EEPROM (256B x 8)
- Rozsah pracovního napětí 2 - 5.5V
- Proudové zatížení do 25mA

Výhoda oddělené datové a programové paměti je v rozdílné šířce instrukce. Data mají 8 bitů a kód programu 14 bitů. Všechny instrukce programu mohou tak být jednoslovné a provedou se v jednom cyklu. Paměť programu má 13-bitový programový čítač. Paměť dat je rozdělena na čtyři prostory (128B paměti RAM).

PORT A: Je 6-bitový, pin RA4 má na vstupu Schmittův obvod a jako výstupní má otevřený kolektor. Ostatní vývody mají jako vstupní úroveň TTL a jako výstupní CMOS. Každý vývod pomocí řídicího bitu v TRISA registru může být nastaven jako vstupní nebo výstupní nezávisle na jiném vývodu. Pin RA4 je možné přepnout jako vstup hodinového signálu TMR0. Ostatní vývody jsou připojeny na A/D převodník.

PORT B: Je 8-bitový a pro každý vstupní pin může být programově připojen slabý pull-up rezistor kolem 100μA. Vývody RB4 – RB7 při nastavení jako vstupní mohou vyvolat přerušení při změně stavu.

PORT C: Je 8-bitový a vývody RC3 a RC4 slouží i pro vývody sběrnice R2C.

PORT D: Je 8-bitový a na všech vstupech je Schmidtův obvod.

PORT E: je 3-bitový

Modul TMR0:

- 8-bitový registr čítač/časovač
- Povoleno čtení i zápis do registru
- 8-bitový programovatelný před-dělič
- Zvolení hrany při externím hodinovém signálu
- Výběr hodinového signálu vnitřní/vnější
- Přerušení při přetečení

Čítač/časovač TMR0:

Při režimu časovače je obsah registru TMR0 zvětšován při každém cyklu. Při použití před-děliče se zapíše hodnota do registru ale jeho obsah se zvýší až po dvou následujících instrukčních cyklech. Při režimu čítače se bude obsah registru TMR0 zvyšovat při každé vzestupné nebo sestupné hraně na vývodu RA4.

Taktování mikrokontroléru můžeme zajistit externím aktivním oscilátorem nebo externím krystalem připojeným na vnitřní obvod, případně přivést hodinový signál z jiného obvodu. Oddělením programové a datové sběrnice lze dosáhnout vyššího výkonu.

Při připojení na napájení se kontrolér restartuje a Program Counter přejde na adresu 0000h (začátek programové paměti). Následuje instrukce skoku na jinou adresu, kde je Init (inicializace procesoru) nebo hlavní program. Při vyvolání přerušení jinou událostí skočí program na adresu 0004h – reset vektor. Přerušení je generováno čítačem při přetečení obsahu registru z hodnoty FFh na hodnotu 00h.

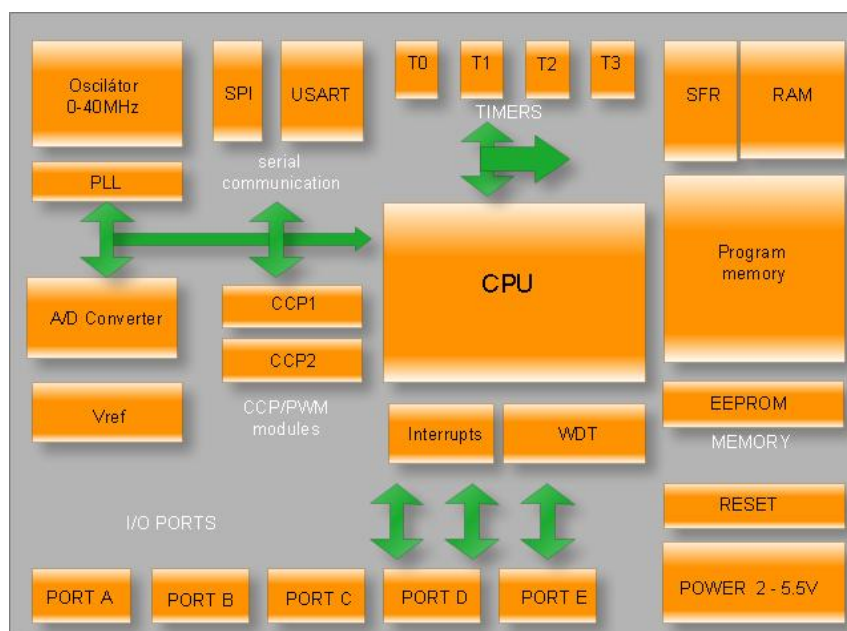
WatchDog – tento obvod hlídá procesor a resetuje ho když program zamrzne

Power-On-Reset – k zajištění hladkého spuštění (po připojení napájení resetuje procesor určitou dobu)

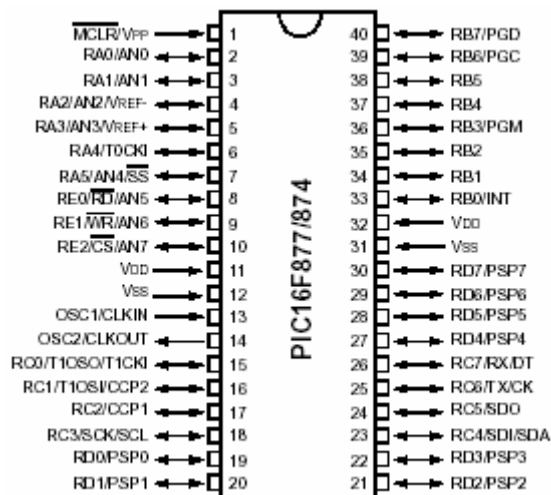
[7], [8], [15], [17], [4]



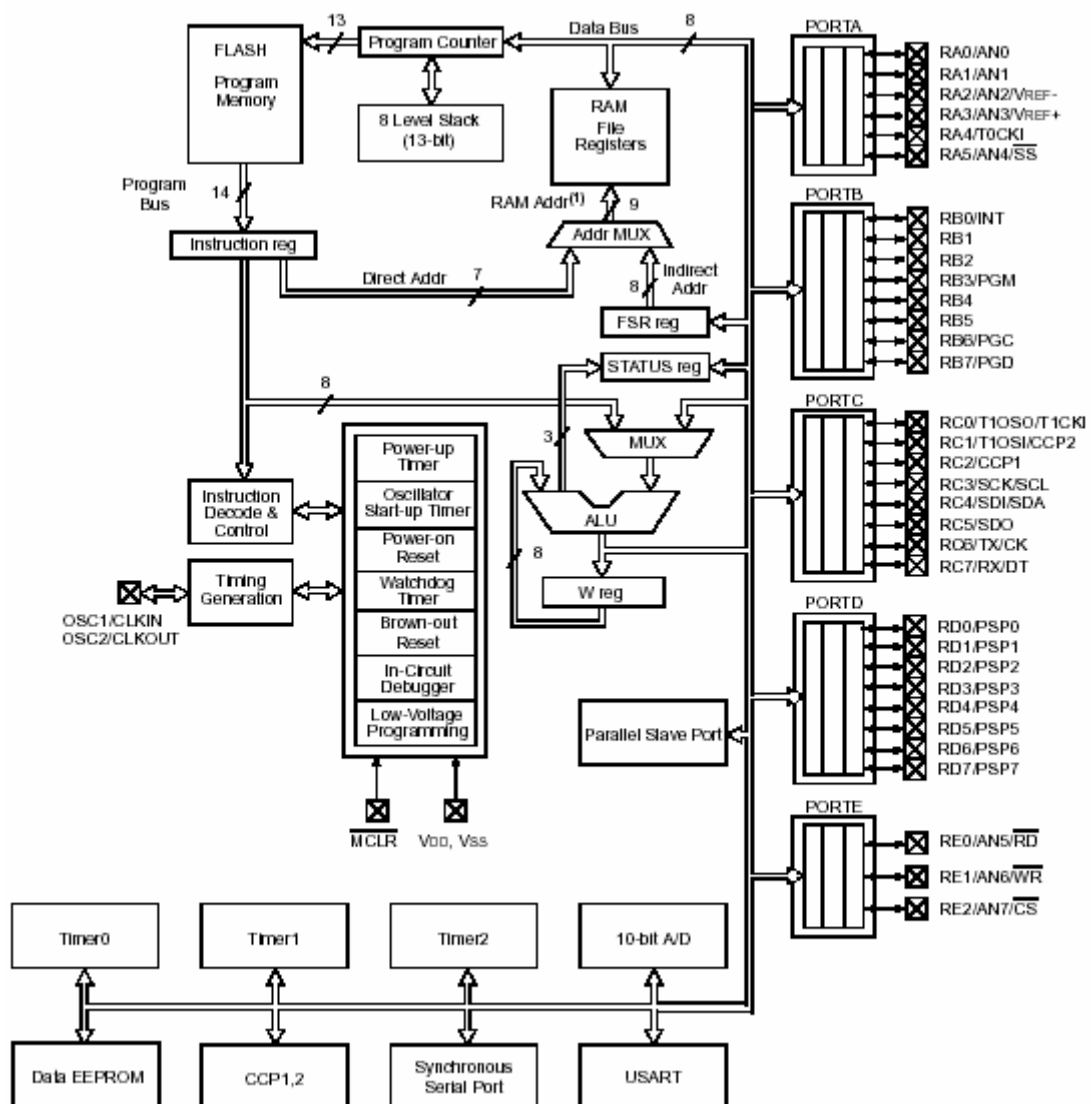
Obr. 16 – mikrokontrolér PIC16F877



Obr. 17 – jednotlivé části mikrokontroléru PIC16F877 [14]



Obr. 18 - popis jednotlivých vývodů [15]



Obr. 19 - blokové schéma PIC16F877 [15]

3.5.2 Analogový multiplexer MAXIM DG406DJ

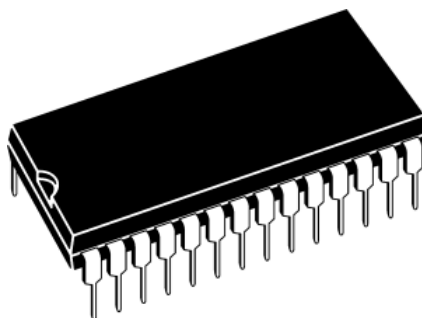
16-ti kanálový analogový multiplexer typu CMOS kompatibilní s CMOS i TTL logikou. Pracuje s napětím od 4,5V do 30V nebo od $\pm 4,5V$ do $\pm 20V$ symetrického napájení. Obvod obsahuje garantovanou ochranu proti statické ESD větší než 2000V metodou 3015.7 podle MIL – STD 883.

[16]

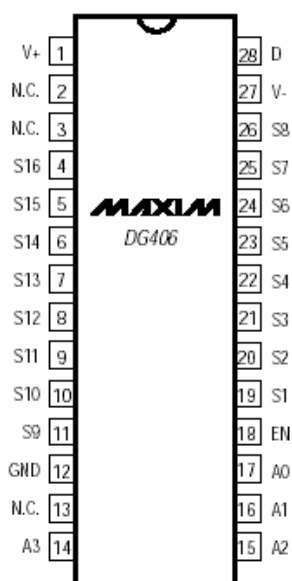
Základní parametry:

Referenční napětí do V-

V+	-0,3 do 44V
GND	-0,3 do 25V
Digitální vstupy	-2V do 2V nebo 30mA
Spojité proud	30mA
Proudové špičky	100mA
Pracovní teplota	od -40°C do 85°C



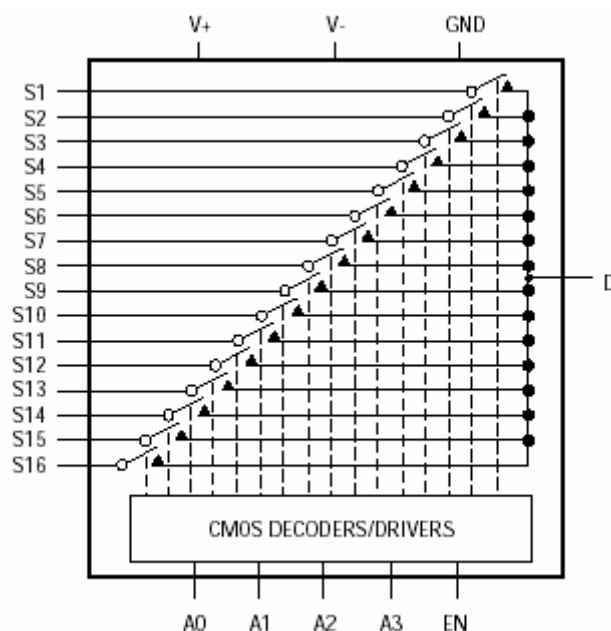
Obr. 20 – analogový multiplexer MAXIM DG406DJ



PIN	Popis	Funkce
1	V+	Vstup kladného napětí
2,3,13	NC	Bez vnitřního připojení
4,11	S16-S9	Obousměrné analog. vstupy
12	GND	Zem
14,17	A3-A0	Adresové vstupy
18	EN	Povolovací vstupy
19,26	S1-S8	Obousměrné analog. vstupy
27	V-	Vstup záporného napětí
28	D	Obousměrný výstup

Tab. 1 – popis vývodů

Obr. 21 – popis vývodů [16]



Obr. 22 – funkční schéma [16]

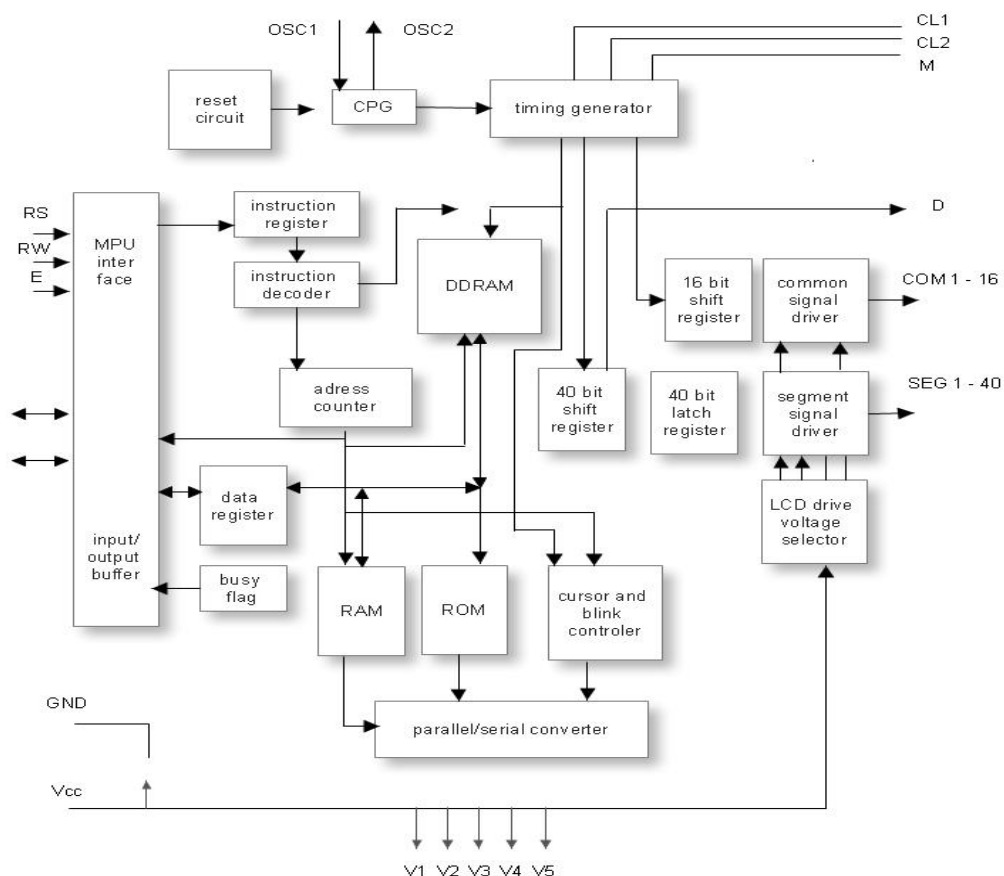
Tento multiplexer bude připojovat jednotlivé testované kabely v konektoru pomocí kontroléru přesně podle programu zapojení. Vstupní testovaný konektor (začátek) má 50 pinů proto zde budou potřeba 4 multiplexery po 16 vstupech. Pro výstupní konektor (konec) obsahující 78 pinů bude potřeba 6 multiplexerů.

3.5.3 LCD display

Většina znakových jednořádkových, dvou a čtyřřádkových LCD zobrazovačů pracují s řadičem HD44780 firmy HITACHI. Ten obsahuje paměť DDRAM pro zapisování 80 znaků a CGRAM, kde je uložena znaková sada a také slouží pro zapsání vytvořených 8 vlastních znaků. Tento řadič pracuje vždy jen jako jednořádkový nebo dvouřádkový. Proto některé jednořádkové displeje jsou ve skutečnosti dvouřádkové, kdy první polovina znaků je jeden řádek a druhá druhý. Některé 4-řádkové jsou dvouřádkové, kdy druhý řádek je pokračováním prvního. Při resetování je řadič automaticky nastaven vždy jako jednořádkový. Pro dvouřádkový mód se musí správně inicializovat.

Komunikace z kontroléru do LCD může probíhat jako 8 bitové propojení pomocí 8 datových vodičů celého bytu D0 – D7 nebo 4 bitové, při kterém je zobrazování 2x pomalejší, protože zápis probíhá nadvakrát. Zapojují se pouze horní 4 bity D4 D7 a spodní bity jsou spojeny se zemí. Pin RS slouží pro rozlišení jestli jde o data (RS=1) nebo instrukce (RS=0). Pin RW slouží pro zápis (RW=0) nebo čtení (RW=1) z displeje. Pin E připojuje hodinový signál. Data jsou na sběrnici platná při sestupné hraně.

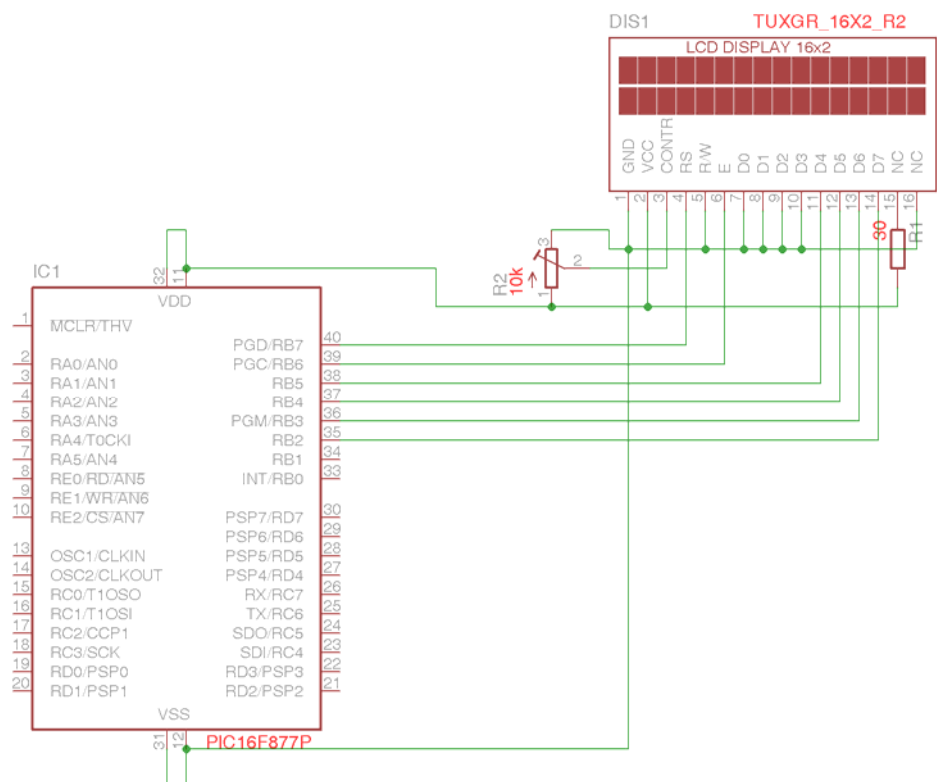
[18], [5]



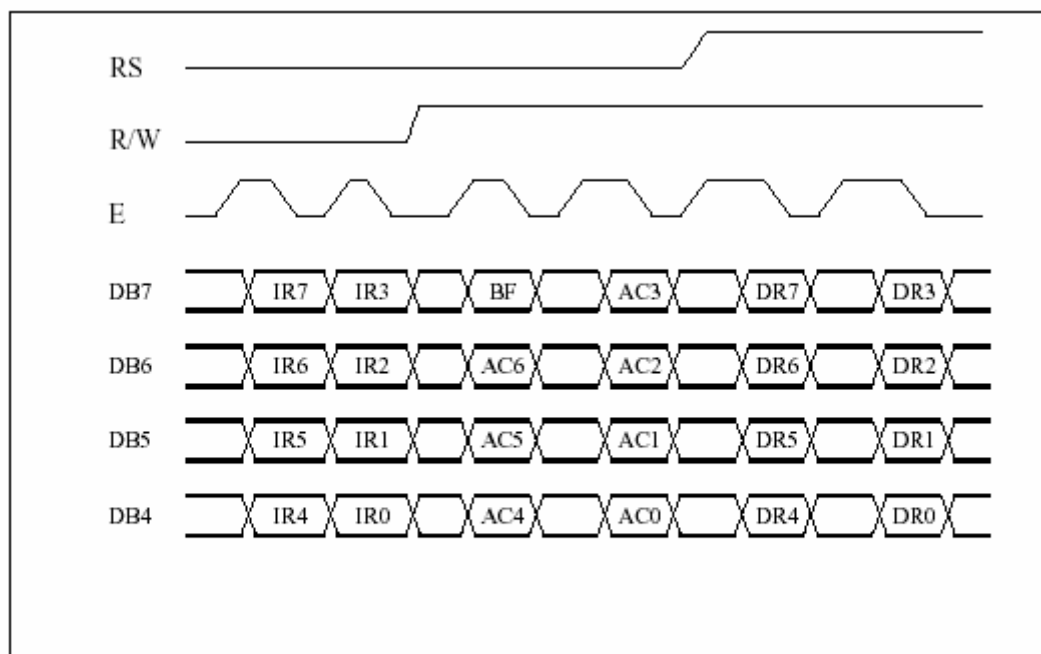
Obr. 23 – blokové schéma znakového LCD [18]

Lower 4 Bits	Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)			0	0	P	\	P					-	9	3	α	p
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	q				°	7	4	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r				「	イ	ツ	×	β
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s				」	ウ	テ	ε	ω
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t				\	エ	ト	†	μ
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u				・	オ	ナ	1	σ
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v				ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w				フ	キ	ヌ	ラ	g
xxxx1000	(1)			<	8	H	X	h	x				イ	ク	ネ	リ	フ
xxxx1001	(2)			>	9	I	Y	i	y				ウ	ケ	ル	ル	γ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z				エ	コ	ハ	レ	j
xxxx1011	(4)			+	;	K	[k	{				オ	サ	ヒ	ロ	×
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	l	l				ハ	シ	フ	ワ	φ
xxxx1101	(6)			-	=	M]	m	}				ユ	ズ	ヘ	ン	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	÷				ヨ	セ	ホ	°	ñ
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	€				ッ	ッ	マ	°	ö

Obr. 24 – znaková sada uložená v CGRAM displeje [18]



Obr. 25 – schéma zapojení znakového LCD displeje



Obr. 26 – ukázka 4-bitového přenosu [18]

IR – zápis do instrukčního registru
 BF – čtení příznaku
 AC – čtení adresy DDRAM nebo CGRAM
 DR – čtení dat z DDRAM nebo CGRAM

Pro zobrazení nejn nutnějších zpráv a informací pro obsluhu testeru byl zvolen jednořádkový 16 znakový LCD display s LED podsvícením BC1601D.



Obr. 27 – LCD displej BC1601D [19]

PIN	SYMBOL	FUNKCE
1	VSS	GND
2	VDD	+5V
3	W	Kontrast displeje
4	RS	Zvolení signálu pro registr
5	RW	Čtení/Zápis
6	E	Signál povolení
7 – 14	DB0 – DB7	Datová sběrnice
15	A	Pod svícení displeje anoda
16	K	Pod svícení displeje katoda

Tab. 2 – význam jednotlivých vývodů

Elektrické parametry LCD BC1601D při 25°C:

Vstupní napětí	5V
Napájecí proud	1,2mA
LCD řídící napětí	4,7V
Napětí pro podsvícení	4,2V
Odebíraný proud podsvícení	160mA

Rozměry LCD BC1601D:

Rozměr celého modulu	122x33
Zobrazovací plocha	99x13
Velikost bodu	0,92x1,1
Velikost znaku	4,84x9,7

3.5.4 Zásuvky pro připojení testovaných konektorů

Jedná se o konektory typu FAST určené výhradně pro avionické systémy civilních dopravních letadel. Obsahují vždy 36 kódovaných pozic pro připojení zásuvky. Pouzdro je z termoplastu ve kterém se nachází 3 nebo 5 řad kontaktů.

[20]

Vyrábí se v těchto modifikacích:

- 50 kontaktů velikosti 20
- 78 kontaktů velikosti 22
- 10 kontaktů velikosti 16 + 39 kon. velikosti 22
- 5 kontaktů velikosti 8
- 3 kontakty velikosti 8 + 18 kon. velikosti 20

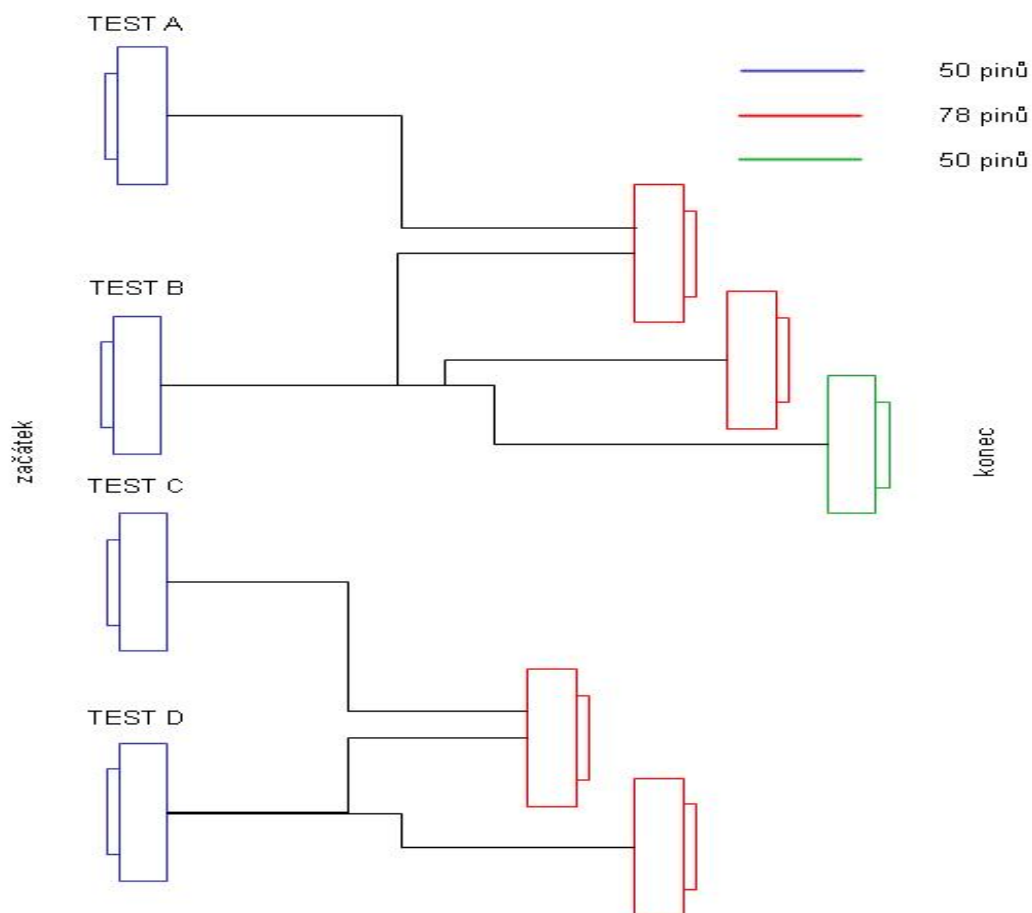
Vlastnosti a výhody:

- Odolnost ve slaném prostředí
- Odolnost ve vlhkém prostředí
- Teplota -55° C do 175° C
- Uzavřená verze
- 36 kódových pozic pro připojení zásuvky



Obr. 28 – konektor typu FAST [20]

Všechny 4 testované konektory (začátek) jsou stejného typu (50 pinů), proto pro připojení je potřeba jen jedné zásuvky. Pro připojení konektorů (konec) bude potřeba dvou typů zásuvek. Čtyři z nich jsou stejného typu obsahující 78 pinů a jeden 50 pinů.



Obr. 29 – zapojení testovaných konektorů ve svazcích

3.5.5 Ostatní nezbytné součástky

Svorkovnice do DPS:

Pro připojení testovacího konektoru k multiplexerům na DPS budou zapotřebí šroubovací svorkovnice malých rozměrů. Pro tyto účely byly vybrány svorkovnice RIA59/02 a RIA 59/03. Jde o dvojité a trojitě svorkovnice ze kterých lze sestavením za sebou poskládat libovolně dlouhou.



Obr. 30 – svorkovnice do DPS RIA 59/02 4x

Parametry:

Průřez drátu	0,3 – 1,4 mm
Délka stažení drátu	5 mm
Průřez vývodů	0,9 mm
Délka vývodů	3,4 mm

Síťový adaptér:

Pro napájení celého zařízení bude vhodné použít stabilizovaný síťový adaptér. Jeho výhodou je že síťové napětí se nebude nacházet uvnitř přístroje. Display, multiplexery i mikrokontrolér vyžaduje napětí 5V. Jedním z vhodných adaptérů bude spínaný síťový zdroj 5V/2A.



Obr. 31 – spínaný stabilizovaný zdroj SUNNY 1381-1005-W2E

Parametry:

Vstup	100-240V 50/60Hz
Rozměr	63 x 45
Výstup	5V / 2A
Hmotnost	90g

Tlačítka, pasivní součástky a konstrukční prvky:

Pro jednotlivé testy bude potřeba 4 tlačítek (test A,B,C,D), které budou umístěny na horním krytu přístroje.

Na vstupy mikrokontroléru musíme připojit pull-up rezistory 10kΩ. Pro podsvícení displeje je potřeba rezistor 10Ω. Hodinový signál kontroléru bude zajištěn krystalem 2MHz ke kterému je nutno připojit 2 kondenzátory o kapacitě 20-30pF podle schématu.



Obr. 32 – krystal 2MHz

Tester bude obsahovat celkem 3 desky plošných spojů. Dvě stejné oboustranné desky budou osazeny multiplexery. Jedna z nich pro vstup do svazku a druhá pro výstup ze svazku. Třetí deska bude jednostranná pro kontrolér.

4. Návrh softwaru pro testování.

4.1 Vývojové prostředí pro testovací program

Testovací program pro mikrokontrolér byl sestaven ve vývojovém prostředí *MikroC for PIC*. Jde o C-kompilátor firmy *mikroElektronika*, který obsahuje:

- Editor zdrojového kódu v C
- Komunikaci s LCD
- Databáze knihoven pro AVR periférie
- Simulátor běhu programu na MCU
- Statistické vyhodnocení programu (zatížení paměti, CPU)
- Programovací software pro USB

[6]

Vývojové prostředí MicroC obsahuje mnoho užitečných knihoven pro práci s perifériemi:

- A/D převodníky
- Sběrnice CAN, SPI, I2C, UART, RS-485, 1-WIRE
- LCD, grafické LCD
- EEPROM, FLASH paměť
- Klávesnice
- Multimediální karty
- PWM
- Zvuk
- TWI

[6]

Implementované nástroje:

ASCII tabulka – pro určení HEXA kódu příslušného znaku

USART / RS232 terminal – odzkoušení RS 232 komunikace

Editování EEPROM – pro přímou změnu EEPROM

UDP komunikační terminál – pro testování a zkoušení Ethernetové UDP komunikace

Generování kódu pro grafické LCD z bitmap – převod jednoduchých bitmapových obrázků na C kód.

Dekodér pro 7 segmentové displeje – vygenerování decimal/hex hodnoty zobrazeného znaku

[6]

4.2 Struktura programu pro testování

4-bitová komunikace se znakovým LCD displejem

Takto jsou přiřazeny jednotlivé funkce vstupů LCD displeje daným pinům mikrokontroléru.

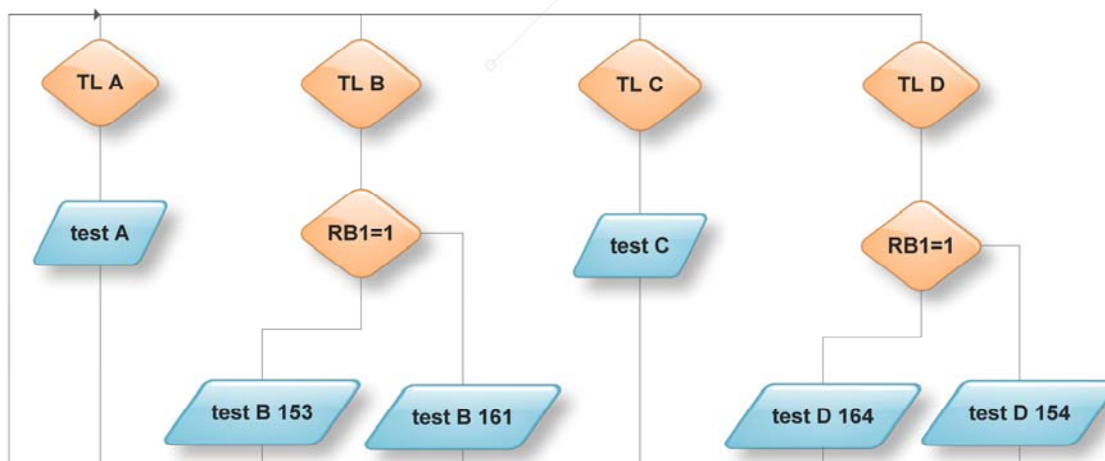
Ukázka kódu:

```
sbit LCD_RS at RB7_bit;  
sbit LCD_EN at RB6_bit;  
sbit LCD_D4 at RB5_bit;  
sbit LCD_D5 at RB4_bit;  
sbit LCD_D6 at RB3_bit;  
sbit LCD_D7 at RB2_bit;  
sbit LCD_RS_Direction at TRISB7_bit;  
sbit LCD_EN_Direction at TRISB6_bit;  
sbit LCD_D4_Direction at TRISB5_bit;  
sbit LCD_D5_Direction at TRISB4_bit;  
sbit LCD_D6_Direction at TRISB3_bit;  
sbit LCD_D7_Direction at TRISB2_bit;
```

Hlavní smyčka programu MAIN

Na mikrokontroléru PIC16F877 je PORT A po restartu nastaven automaticky jako analogový. Příkazem **ADCON1=7;** je nutno ho nastavit jako digitální. Dále musíme zvolit který PORT nebo které piny daného PORTU budou vstupní a které výstupní.

Struktura main končí nekonečnou smyčkou pro 4 tlačítka (Obr. 33). Tyto tlačítka přivádí log. 1 na vstupy kontroléru. Po stisku příslušného tlačítka dojde k vyvolání jednoho ze 4 testů. U testů B a D je vnořená podmínka protože test B a D obsahuje 2 koncové konektory. Po správném zkontrolování prvního se na displej vypíše žádost o výměnu za druhý. Opět po stisku tlačítka pro test B nebo D bude testován druhý koncový konektor. Zapojení testovaných konektorů je na obr. 29.



Obr. 33 – nekonečná smyčka

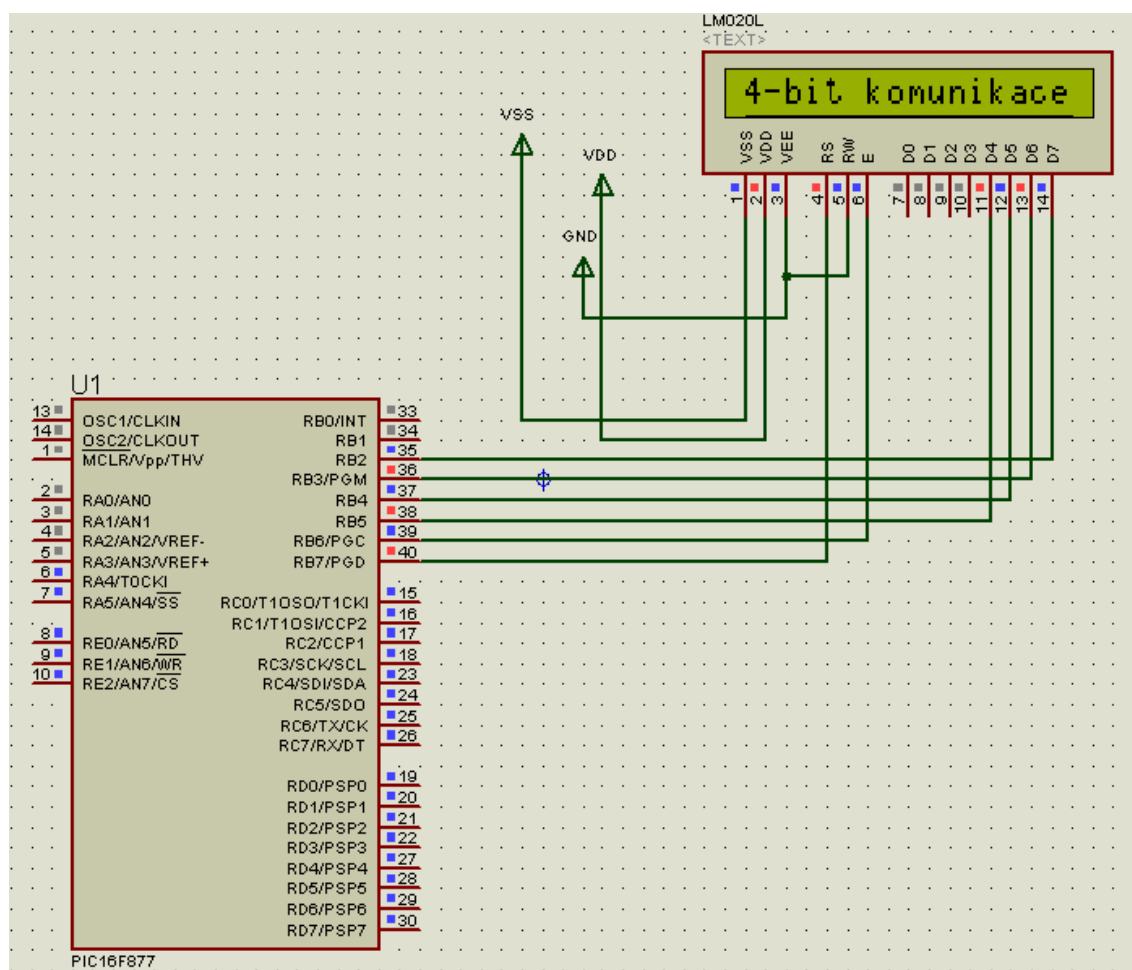
Struktura testování:

Po vyvolání příslušného testu (A,B,C,D) se nastaví kombinace a povolení pro vstupní multiplexer. Zavolá se funkce pro testování zkratu. Ta pro daný vodič nastavený na vstupu nejdříve vynuluje proměnou „x“ a poté kontroluje jednotlivé piny celého konektoru (konec). Při nalezení log.1 přičte k proměnné „x“ jedničku. Dále se do proměnných odesílaných na displej zapíše příslušné číselné znaky odpovídající zapojení. Následuje porovnání jestli je proměnná $x < 1$ zavolá se funkce pro rozpojení která vypíše číselnou pozici, jestli $x > 1$ zavolá se funkce pro vypsání zkratu. Jestli obě funkce rozpojení i zkratu jsou negativní nastaví se i výstupní kombinace a porovná se jestli se log.1 nachází na daném pinu. V záporném případě se zavolá funkce která vypíše chybu a číselnou pozici na LCD, v kladném test pokračuje další kombinací.

4.3 Simulace vytvořeného testovacího programu

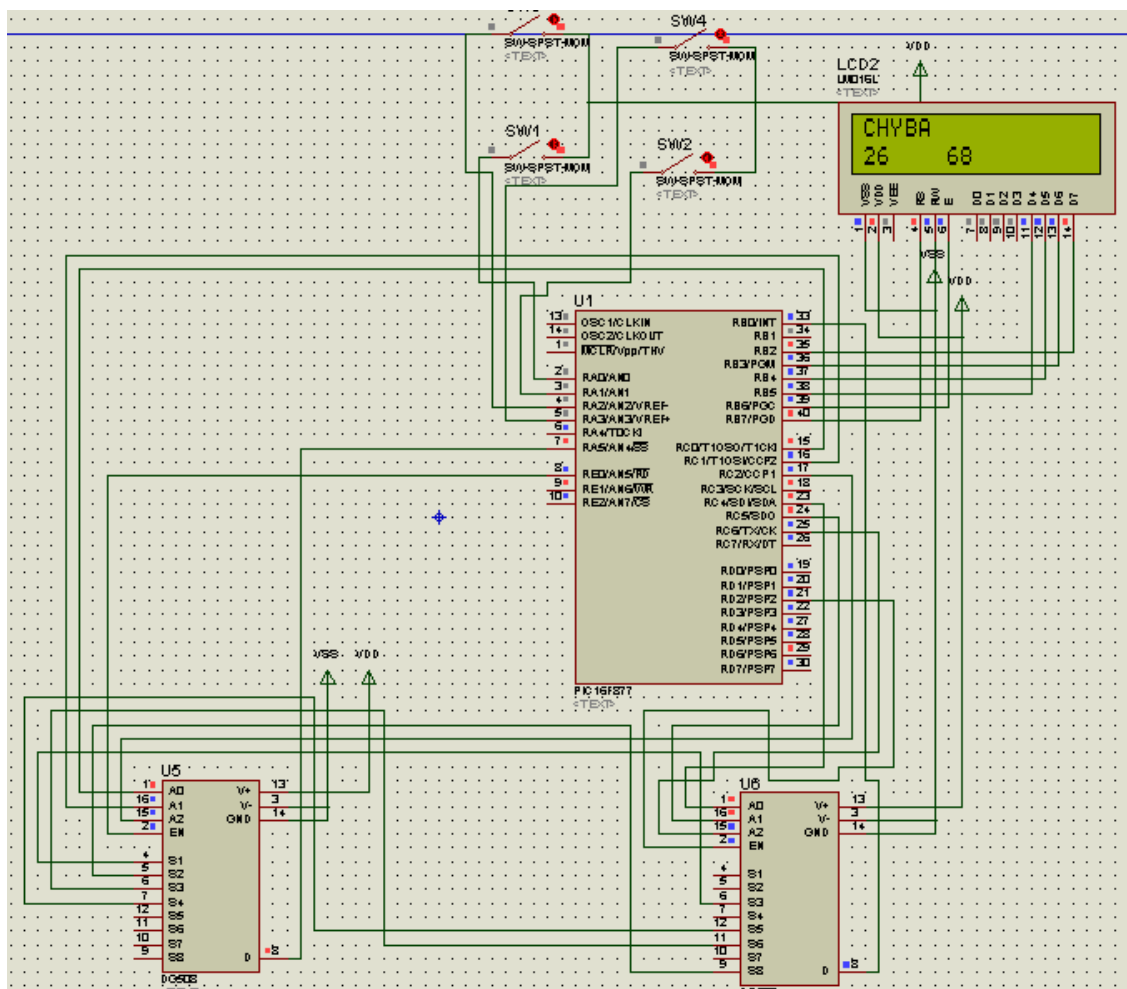
Pro simulaci programu byl použit software **ISIS 7 Proteus**. Jde o simulační program který obsahuje rozsáhlé knihovny nejrůznějších elektronických součástek. V tomto prostředí lze jednoduše vyzkoušet komunikaci kontroléru s LCD. Verze 7.5 obsahuje potřebný mikrokontrolér PIC16F877 i jednořádkový LCD display.

Nejprve byla vyzkoušena komunikace mezi kontrolérem a LCD. V MicroC se vytvořený program zkompiluje a v cílové složce se nachází soubor s příponou hex. Ten se načte do kontroléru v simulaci.



Obr. 34 – ukázka 4-bitové komunikace s LCD

Dále byla vyzkoušena funkce vyvolání příslušného testu pomocí 4 tlačítek. Proteus neobsahuje knihovny zvolených multiplexerů DG406 16 I/O ale pro zkušební simulaci byla použita podobná verze DG508 pouze s 8 vstupy/výstupy. Pravdivostní tabulka pro jejich kombinační vstupy je pro první polovinu stejná. Bylo vytvořeno zkušební zapojení (jen pro 4 zapojené vodiče) včetně vstupních tlačítek pouze pro dva multiplexery (vstup a výstup).

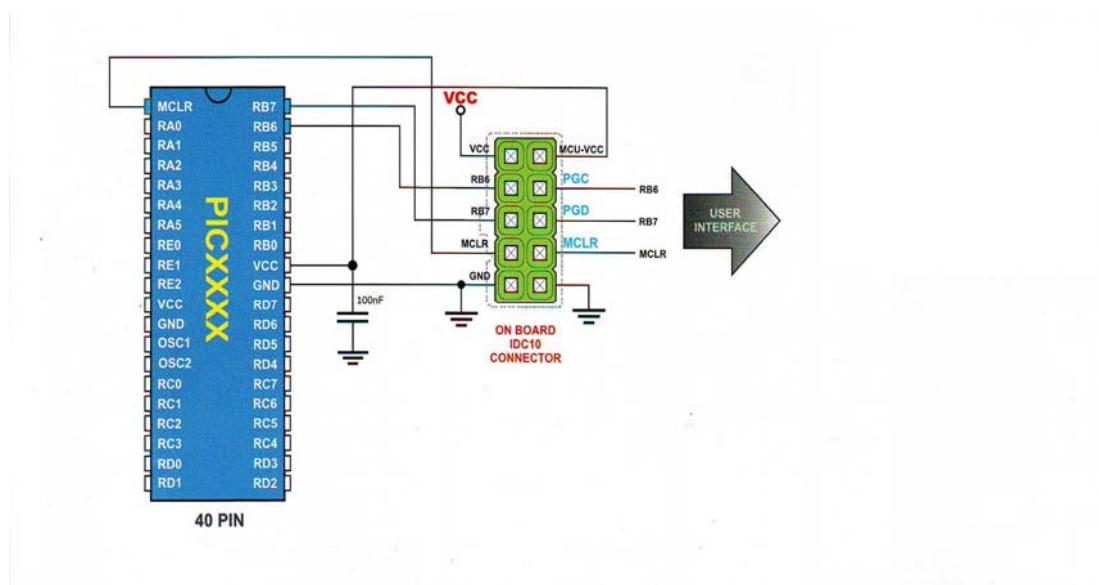


Obr. 35 – zkušební zapojení pro 2 multiplexery

Zapojení s více multiplexery je stejného principu, nemělo tedy smysl sestavovat celé zapojení pro simulaci. DG508 s 8 vstupy je náhrada za DG406 proto nebyla možnost vyzkoušet simulaci skutečného zapojení.

4.4 Programovací zařízení pro PIC

Pro vlastní naprogramování byl použit programátor PICFlash2 pro mikrokontroléry od firmy Microchip. Zařízení je napájeno přímo z USB a končí konektorem IDC10. Po nainstalování ovladače stačí přímo použít software MicroC.



Obr. 36 – zapojení konektoru IDC10 [14]

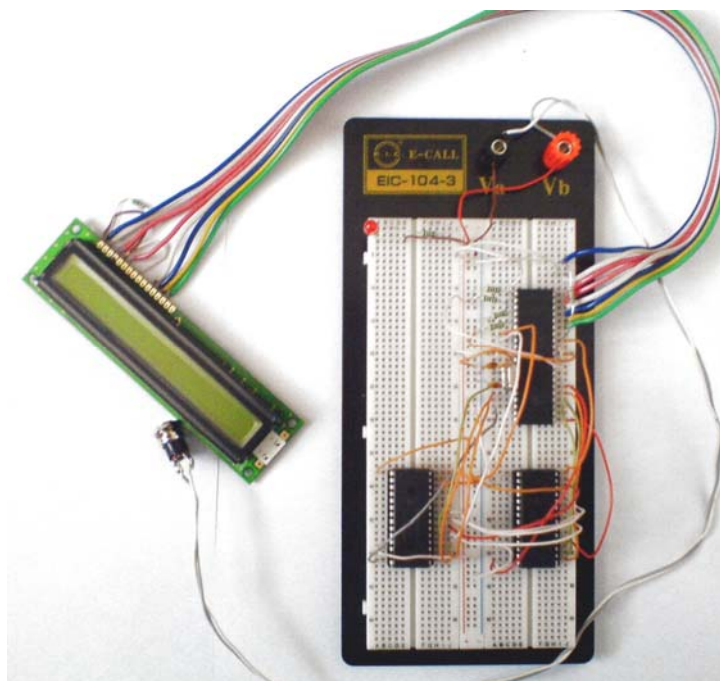


Obr. 37 – programátor PICFlash2 [14]

5. Realizace zařízení

5.1 Realizace zkušebního zapojení

Před vlastním sestavením testovacího zařízení bylo nejprve provedeno zkušební zapojení, které se zrealizovalo pomocí kontaktního pole (Obr. 37). Skládá se pouze z kontroléru PIC16F877, dvou multiplexerů DG406 a 16 znakového LCD displeje. Zkušební zapojení i program v kontroléru byl sestaven jen pro 4 testované vodiče, které poskytují ověření správné funkce zařízení. Tímto zapojením byla vyzkoušena správná komunikace s LCD a celý princip testovacího programu. V reálném zkušebním zapojení se poněkud lišila komunikace s LCD od simulace v programu PROTEUS ISIS 7. Bylo nutné upravit odesílání znaků na displej jako pro 8 znakový dvou řádkový. Při reálném zapojení je dále nutné na LCD zapojit i vývod W (kontrast displeje). Kontrolér i multiplexery se chovali přesně podle simulace.



Obr. 38 – zkušební zapojení pomocí kontaktního pole

5.2 Realizace testeru

5.2.1 Návrh a zhotovení DPS

Desky plošných spojů byly navrženy odděleně na 3 části. Dvě stejné oboustranné pro 6 multiplexerů a jedna jednostranná pro samotný mikrokontrolér a pasivní součástky (rezistory, kondenzátory, oscilátor). Pro zajištění více místa uvnitř zařízení budou desky pro multiplexery umístěny odděleně po stranách zařízení, budou obsahovat šroubovací svorkovnice pro připojení vodičů z testovacích konektorů.

Návrh DPS byl proveden pomocí softwaru SPRINT LAYOUT ve kterém je možno vytvořit vícevrstvé DPS. Samotná výroba desek byla provedena u externího výrobce. Jednotlivé strany oboustranné desky nebyly spojeny proto je bylo nutné propojit ručně. Dále byly osázeny patičkami pro multiplexery a kontrolér. Nakonec svorkovnicemi pro připojení vývodů na testovací konektory. Deska pro připojení konektoru (začátek) byla osázena pouze 4 multiplexery. Desku pro kontrolér bylo nutné osadit nezbytnými pasivními součástkami (pull-up rezistory, oscilátor a kondenzátory).

5.2.2 Konstrukce a sestavení celého zařízení

Celé zařízení je vestavěno do plastové krabice Hammond s hliníkovými čely o rozměrech 280x200x76mm. DPS s multiplexery jsou připevněny na dno pomocí distančních sloupků 1cm. Deska pro kontrolér je připevněna pomocí držáku nad nimi. Z předního panelu vychází ochranné hadice pro vodiče k testovacímu konektoru. Zadní panel obsahuje konektor pro připojení napájení 5V z adaptéru. Hlavní vypínač nebyl potřeba. Do horního krytu krabice je umístěn znakový LCD display a 4 tlačítka pro spuštění jednotlivých testů.

Jako vývody k testovacím konektorům jsou použity vodiče užívané na leteckých svazcích typu cf 24 o průměru 0,25mm².

5.2.3 Odzkoušení testeru

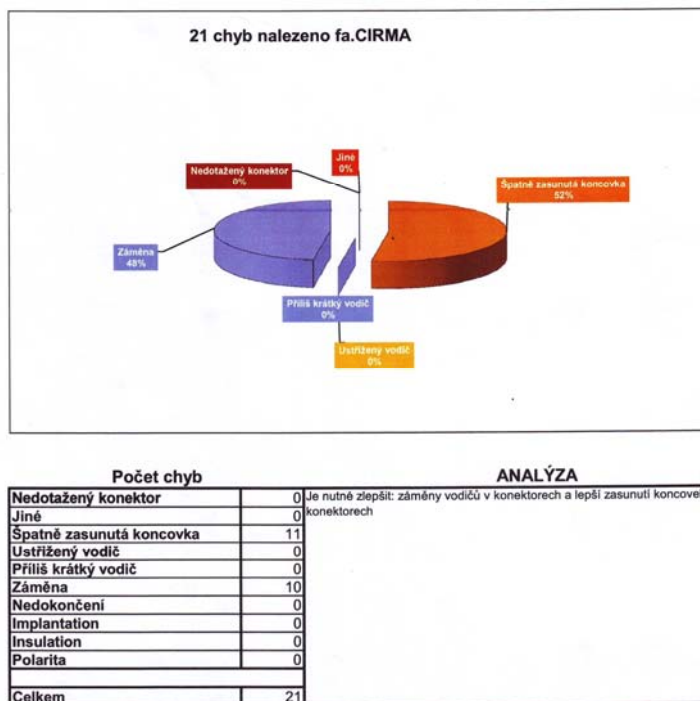
Tester byl nejprve vyzkoušen pro test D na zhotoveném přípravku na kterém bylo možné otestovat všechny jeho funkce jako rozpojení, zkrat a přehozené kabely. Dále byl vyzkoušen na kabelových svazcích A4021 a A4022 přímo ve výrobě. Zde byl testován během celého dne na 16 svazcích. Manipulace s konektory na stočeném svazku není snadná. Zde se projevila výhoda vyvedených konektorů ze zařízení v ochranných hadicích (Obr. 39).



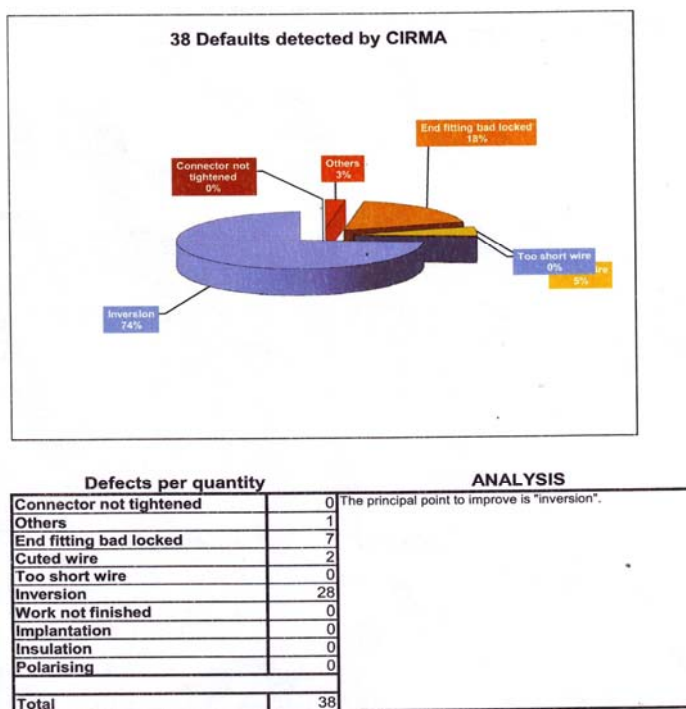
Obr. 39 – zkoušení testeru na svazku A4021

6. Zhodnocení

Pro danou výrobu leteckých kabelových svazků je přehození zapojených vodičů a špatné zasunutí koncovky do konektoru hlavním zdrojem chyb. Obr. 40 a Obr. 41 ukazuje výčet chyb v procentech za jeden měsíc. Tento tester je schopný odstranit tyto chyby pouze pro některé konektory. Celé zařízení se podařilo sestavit celkem za 3474Kč a splnit všechny požadavky. Je snadno přenositelný a jeho obsluha je velice jednoduchá.



Obr. 40 – výčet chyb za období 1-4-2008 až 30-4-2008



Obr. 41 – výčet chyb za období 1-12-2008 až 31-12-2008

7. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvořit funkční zařízení pro testování správnosti zapojení některých konektorů na kabelových svazcích. Důležitým poznatkem bylo, že na svazku nelze překontrolovat všechny konektory protože obsahuje i konektory, které končí volnými nezapojenými konci. Před samotným návrhem bylo nutné zjistit možnosti jakým nejjednodušším způsobem automaticky postupně připojovat testované vodiče přesně podle programu. Dále bylo nutné zjistit dostupné informace o funkci a programování mikrokontroléru, který bude řídit činnost celého zařízení a také výsledek kontroly zobrazit na LCD. Analogové multiplexery mohou do budoucna rozšířit tester o měření analogových veličin na svazku.

Touto prací jsem si také vyzkoušel jakým efektivním způsobem lze vytvořit program v jazyce C+ za pomoci softwaru MicroC a následně simulaci v programu Proteus ISIS 7. Tato možnost mi ukázala nezbytnost simulace při podobných aplikacích. Dále jsem si vyzkoušel komunikaci se znakovým LCD displejem pomocí mikrokontroléru.

Tester byl vyzkoušen na svazcích jak přímo ve výrobě tak i na testovacím přípravku. Během této kontroly byla nalezena jedna chyba v zapojení na konektoru 154VCA svazku A4022. Při této zkoušce se neprojevila žádná chyba na zařízení. Kontrola probíhá rychle do několika vteřin a zprávy na displeji jsou jednoduché a pro obsluhu dostatečně srozumitelné.

Dalším bodem této práce bylo stručně popsat některé specifikace při malosériové výrobě a kontrole těchto svazků, kdy kontrola zapojených vodičů probíhá pouze vizuálně. Tento tester odstranil zejména nespolehlivost vizuální kontroly a zkrácení času při kontrole. Nelze překontrolovat všechny konektory ale přesto se toto zařízení může uplatnit jako vhodná pomůcka při kontrole.

Literatura

- [1] *ARINC 429 Commentary*, 2003 SBS Technologies, Incorporated [pdf]. 2003, [cit. 2010-4-21].
< <http://www.ge-ip.com/products/family/embedded-systems> >
- [2] *ARINC 429 Protocol tutorial*, [pdf]. 16 July, 2004, [cit.2010-4-21].
<<http://www.condoreng.com> >
- [3] SMT Centrum, *SMT Centrum* [online]. 2007, [cit. 2010-4-21].
<<http://www.smtcentrum.cz/pruvodce-technologie/kabelova-technika.htm>>
- [4] *2000 - 2010 Pandatron.cz - Elektrotechnický magazín ISSN 1803-6007* [online] 2010, [cit. 2010-4-21]. <<http://pandatron.cz/?>>
- [5] *Elektronika kvalitně* [online]. 2004, 11-3-2007, [cit. 2010-4-21].
<<http://elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/LCDmatice.html>>
- [6] *HW.CZ* [online]. 1997, 2009, [cit.2010-4-21].
<<http://www.hwserver.cz/teorieapraxe/programovani/art2627-microc-pro-avr-2008-novy-c-prekladac-a-prostredi-pro-mcu-atmel.htm>>
- [7] Doveda Boys, *Procesory PIC* [online]. 1998, 2010, [cit. 2010-4-21].
<<http://doveda.byl.cz/procesory/pic16f87x/index.htm>>
- [8] Oldřich Peroutka, *Mikrokontroléry PIC16F87X*, nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 1998, 1. vydání
- [9] *Elektrické kabely*, [pdf]. 30-7-2008, [cit. 2010-4-21].
<<http://www.encables.cz/data/elektricke-kabely-obecne.pdf>>
- [10] ČSN EN 60352-2/A1: *Nepájené spoje*. 1996
- [11] MEP Postřelmov a.s.: *Kvalifikační testy*, Postřelmov 2002.
- [12] MEP Postřelmov a.s.: *Proces odizolování vodičů*, Postřelmov 2002.
- [13] MEP Postřelmov a.s.: *Proces zalisování ukončovacích prvků*, Postřelmov 2002.
- [14] *MikroElektronika* [online], 1998, 2010, [cit. 2010-4-21].
<<http://www.mikroe.com/en/books/pic-books/mikroc/>>

- [15] Microchip Technology Incorporated, *PIC16F87X Data Sheet*, [pdf]. 2001, [cit.2010-4-21].
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf>>
- [16] Maxim Integrated Products, *CMOS Analog Multiplexers DG406/DG407*, [pdf]. 1995, [cit.2010-4-21].
<<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/DG406-DG407.pdf>>
- [17] Jiří Hrbáček, *Komunikace mikrokontrolérů s okolím*, nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 1999, 1. vydání
- [18] Hitachi, *HD44780U (LCD-II)*, [pdf]. 1998, [cit.2010-4-21].
<<http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>>
- [19] Bolymin, *BC 1601D LCD Data Sheet*, [pdf]. 2007, 2010, [cit.2010-4-21].
<http://www.datasheetpro.com/49_browse_datasheets_from_Bolymin.html>
- [20] Deutsch, *Deutsch Connectors*, [online]. 2009, [cit.2010-4-21].
<<http://www.deutsch.net/deutsch-product-search.aspx?page=3>>
- [21] *SPL System – technologie zpracování kabelů*, [online]. 2003, [cit.2010-4-28].
<<http://www.spl.cz/testovaci-zarizeni/products.html?category=4>>
- [22] Aeroflex, *Aeroflex Test Solutions*, [online]. [cit.2010-4-28].
<http://www.aeroflex.com/ats/products/category/Avionics/Databus_Analyzers.html>

Seznam příloh

- I. Seznam použitých součástek
- II. Uživatelská příručka k zařízení
- III. Schéma zapojení testeru [III_schema.pdf] - elektronická příloha na CD
- IV. DPS
- V. Vývojové diagramy testovacího programu
- VI. Vnitřní uspořádání testeru
- VII. Fotografie hotového zařízení
- VIII. Kód programu v C+ [VIII_kod_programu.txt] – elektronická příloha na CD
- IX. DPS z programu SPRINT LAYOUT [IX_DPS_SPRINT_LAYOUT.rar]
- elektronická příloha na CD